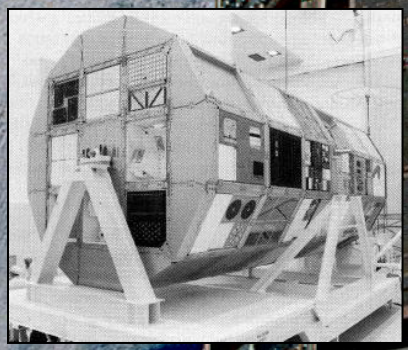
CAPSULA ESPACIAL

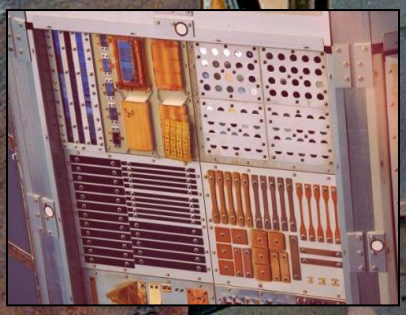
Revista digital de astronáutica y espacio

Nº 59 - 2020



L D E F

Long Duration Expose Facility



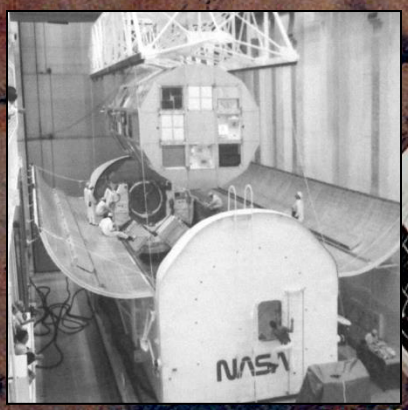
Inicios

Lanzamiento

características técnicas

Experimentos científicos

Recuperación



Estimados lectores

Bienvenidos a este nuevo número de *Cápsula Espacial*, aquí veremos los pormenores del Laboratorio de Exposición de Larga Duración (LDEF) una nave espacial no tripulada enviada a órbita baja a través de un vuelo del STS, con diversos experimentos a bordo y en el que se probaron materiales para la construcción de futuras naves espaciales, un gran satélite que estaba preparado para su recuperación en poco tiempo, pero debido a retrasos tardó más de 5 años en volver a la Tierra y descubrir todo lo que se había experimentado, daremos una vuelta por su lanzamiento, recuperación, sus características técnicas y algunos de sus experimentos mas importantes, los invito a disfrutar de la misma.

Usted puede colaborar con la revista para la creación de contenidos a través de los botones de donación que posee el Blog.

Muchas gracias

Biagi, Juan

Contacto

https://capsula-espacial.blogspot.com

https://www.instagram.com/capsula_espacial/

r.capsula.espacial@gmail.com

Portada: Laboratorio LDEF y el transbordador espacial orbitando la Tierra. (NASA)

Contenido

Inicios

Lanzamiento

Características del laboratorio

Experimentos científicos

Experimento Exposición solar

Experimento Viento solar

Experimento Control Térmico

Experimento de la eficacia biológica de partículas HZE

Experimento Desgasificación Estimulada por Oxígeno atómico

Experimento Interacción del Oxígeno atómico con superficies sólidas en altitudes orbitales

Experimento Ultravioleta (UV) y Ultravioleta Extremo (EUV)

Experimento Polvo Interplanetario (IDE)

Experimento SEEDS (Semillas en el espacio)

Experimento Impactos de micrometeoritos

Experimento Impactos de desechos espaciales

Efectos de la exposición de larga duración en los componentes activos del sistema óptico

Experimento Medición de Radiación (PEERBEC)

Experimento Rayos Cósmicos

Experimento Gas Interestelar

Experimento de tubo de calor de placa plana transversal

Experimento Contaminación Molecular basada en Carbono (orgánico)

Experimento Medición de Reflectancia

Experimento de efectos del entorno espacial en sistemas de fibra óptica

Experimento Exostack

Contaminación molecular

Recuperación

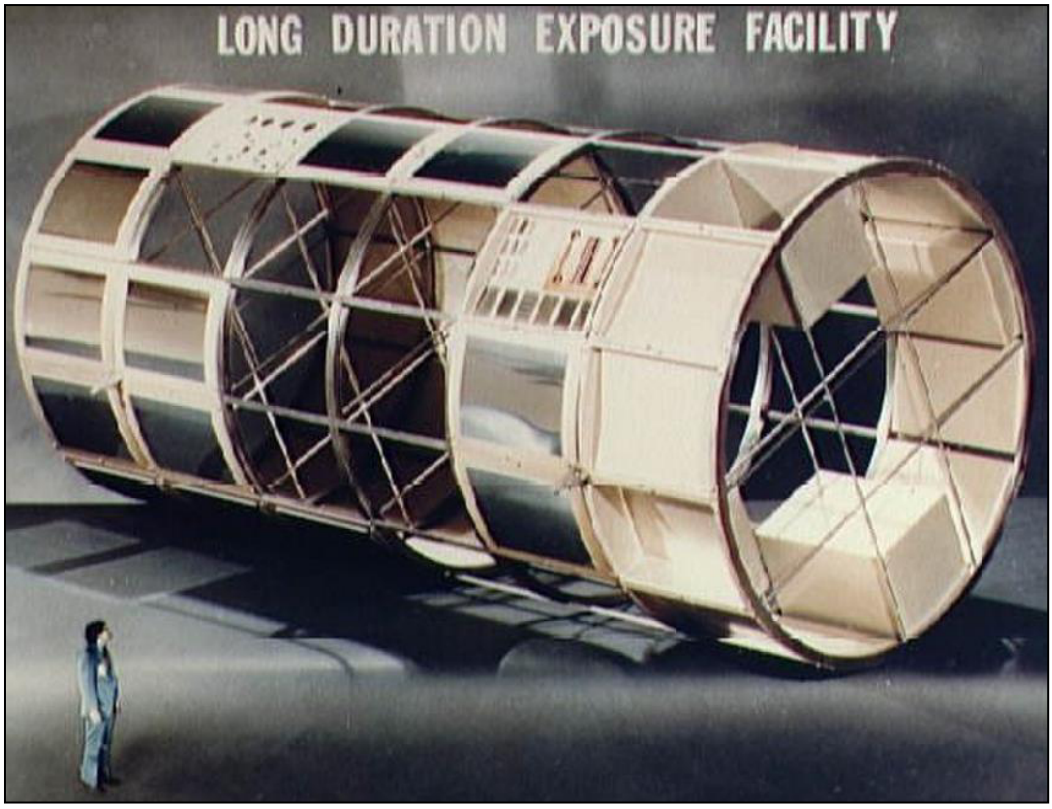
Investigación y desintegración

Inicios

Los investigadores identificaron el potencial del transbordador (STS) inicialmente planeado para entregar una carga útil al espacio, dejarla allí para una exposición prolongada al duro entorno del espacio exterior y, en una misión separada, recuperar la carga y devolverla a la Tierra para su análisis, y la NASA, como parte del objetivo del STS de hacer que el acceso al espacio sea más fácil y sencillo.

El laboratorio LDEF evolucionó a partir de una nave espacial propuesta por el Langley Research Center (NASA) en 1970 para estudiar el entorno de meteoritos, el Meteoroid and Expose Module (MEM) en 1974 se aprobó el proyecto y se construyó en el Langley Research Center; cuando la NASA emitió el Anuncio de Oportunidad LDEF en 1976, la única documentación requerida de un investigador potencial incluía una carta de intención, una copia de una propuesta breve y prueba de respaldo institucional, luego de la selección, se firmaron Memorandos de Acuerdo para cada experimento, los equipos de experimentación tenían independencia siempre que la seguridad y e integridad del LDEF no se vieran afectadas, las bandejas de experimentos podían prepararse en los laboratorios de los investigadores y enviarse a la NASA bajo cubiertas protectoras.

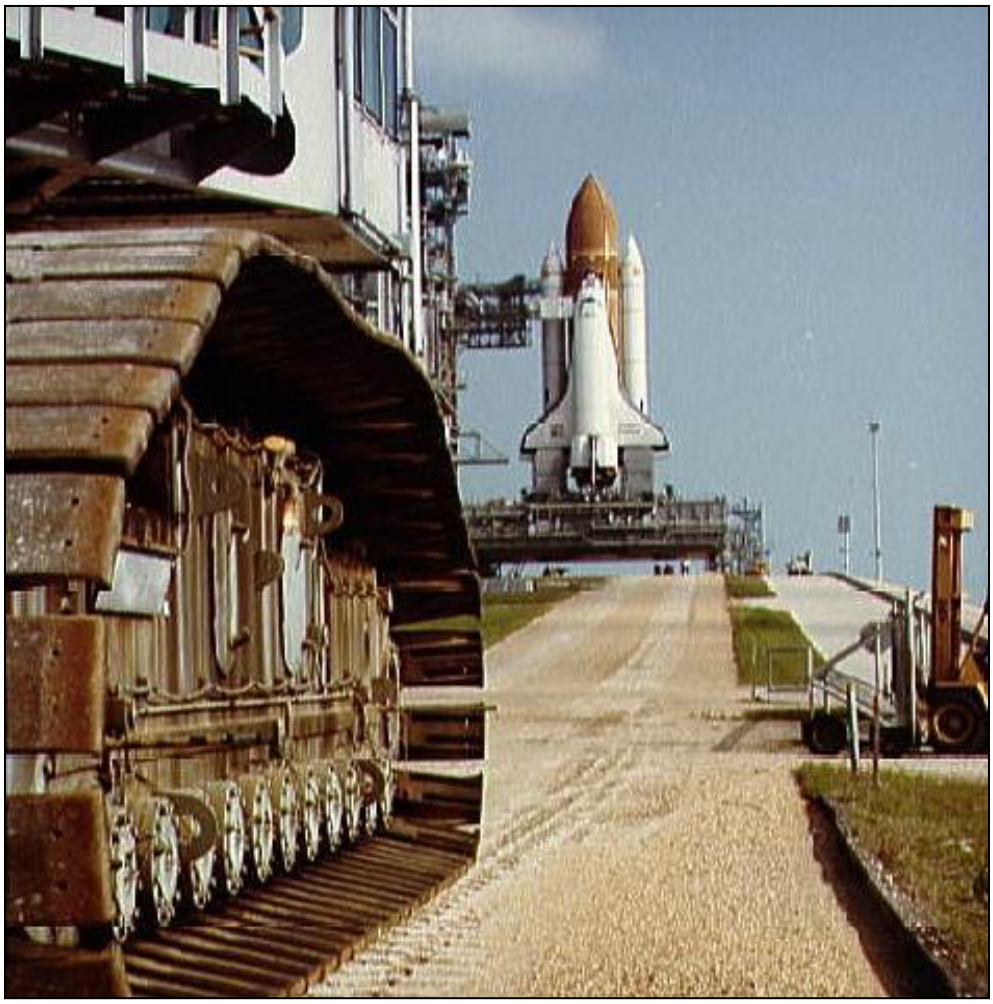
Su estructura de forma de prisma de 12 lados, para adaptarse a la bahía de carga del STS, llevaba los experimentos montados en 86 bandejas alrededor de su periferia y en los extremos, medía 9 x 4 m y pesaba 9700 Kg con los experimentos montados (sigue siendo una de las cargas útiles más grandes desplegadas por el STS) diseñado para volar con un extremo hacia la tierra, el control de actitud se logró con la estabilización del gradiente de gravedad y la distribución inercial para mantener la estabilidad de tres ejes en órbita, por lo que no se requirió propulsión u otro sistema de control de actitud, esto hizo que la nave estuviera libre de fuerzas de aceleración y contaminantes de los disparos de los cohetes, también llevaba un amortiguador magnético/viscoso para detener cualquier oscilación inicial después de su despliegue en el espacio.



NASA

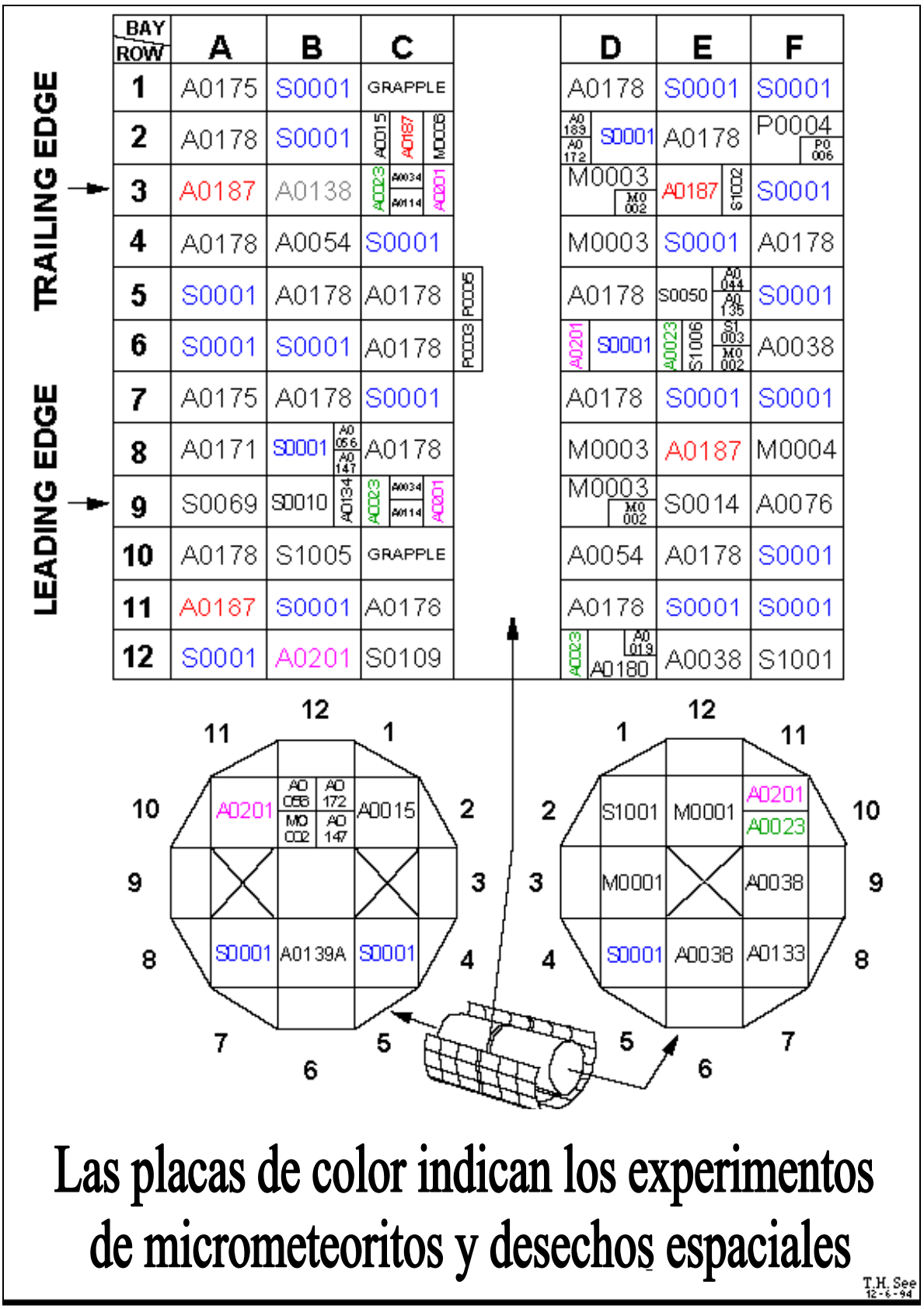
Lanzamiento

Su lanzamiento fue el 06-04-1984 a bordo del transbordador Challenger en su misión STS-41C, tripulado por los astronautas Robert Crippen (Comandante) Francis Scobee (Piloto) Terry Hart (especialista de misión-1) James van Hoften (especialista de mision-2) George Nelson (especialista de misión-3) el laboratorio fue colocado en órbita baja (460 Km) inclinado 28.5° hacia la Tierra, originalmente el plan requería que el LDEF fuera recuperado en marzo de 1985, pero debido a una serie de retrasos finalmente fue devuelto por el STS-Columbia en 1990.



Características del laboratorio

En la estructura, 62 de las bandejas (cada una con un código según el experimento) se ubicaron en 12 filas alrededor de la periferia; cada fila contenía 6 bahías, se colocaron 14 bandejas adicionales en los dos marcos de los extremos, algunos experimentos ocuparon una parte de una bandeja, mientras que otros ocuparon una serie de bandejas, si bien el LDEF no tenía telemetría de datos, algunos experimentos tuvieron que registrar datos en vuelo utilizando un Experiment Power and Data System (EPDS) que incluía un módulo de cinta magnética, un conjunto de control del procesador y una batería de sulfuro de Litio, los experimentos que requerían protección de todos los entornos excepto en órbita utilizaron un Recipiente de Control de Exposición Experimental (EECC).


TRAILING EDGE
LEADING EDGE
BAY / ROW
A
B
C
D
E
F
1 A0175 S0001 GRAPPLE A0178 S0001 S0001
2 A0178 S0001 A0015 A0187 M0006 S0001 A0178 P0004 P0006
3 A0187 A0138 A0023 A0034 A0114 A0001 M0003 M0002 A0187 S1002 S0001
4 A0178 A0054 S0001 M0003 S0001 A0178
5 S0001 A0178 A0178 P0005 A0178 S0050 A0044 A0135 S0001
6 S0001 S0001 A0178 P0003 A0201 S0001 A0023 S1006 S1003 M0002 A0038
7 A0175 A0178 S0001 A0178 S0001 S0001
8 A0171 S0001 A0066 A0147 A0178 M0003 A0187 M0004
9 S0069 S0010 A0134 A0023 A0034 A0114 A0001 M0003 M0002 S0014 A0076
10 A0178 S1005 GRAPPLE A0054 A0178 S0001
11 A0187 S0001 A0178 A0178 S0001 S0001
12 S0001 A0201 S0109 A0023 A0180 A0013 A0038 S1001
12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
A0201 A0066 A0172 M0002 A0147 A0015
S0001 A0139A S0001
12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
S1001 M0001 A0201 A0023
M0001 A0038
S0001 A0038 A0133
Las placas de color indican los experimentos de micrometeoritos y desechos espaciales
T.H. See 12-6-94

Despliegue

La tripulación desplegó el LDEF el 7-04-1984 en una órbita casi circular, en los experimentos participaron 190 investigadores de 13 empresas, 16 universidades, 8 centros de la NASA, 8 laboratorios del Dto. de Defensa y 34 organizaciones de investigación de Canadá, Dinamarca, República Federal Alemana, Holanda, Suiza, Inglaterra, Irlanda y Francia, estaba destinado a ser reutilizado y redistribuido con nuevos experimentos (originalmente a los 18 meses, con la intención de que la primera misión durara aproximadamente un año y que posteriormente varias misiones de exposición de larga duración usaran la misma estructura) pero, debido una extensión no intencionada de la misión de rescate, la estructura en sí fue tratada como un experimento y estudiada intensamente durante una única misión de 5 años y 8 meses de duración.

La instalación fue diseñada para recopilar información vital para el desarrollo de la Estación Espacial Freedom y otras naves espaciales, especialmente las reacciones de varios materiales de construcción espacial a la radiación, cambios extremos de temperatura y colisiones con el espacio.

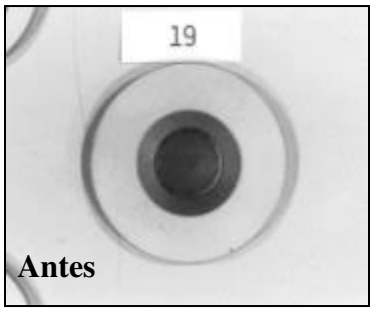
Algunos de los experimentos, uno de ellos era el de los Efectos del Medioambiente espacial tenían una cubierta que se abría después del despliegue y estaba diseñada para cerrarse después de aproximadamente un año, no existió telemetría entre la estructura satelital y la base en Tierra, pero algunos experimentos activos, como el Experimento Fotovoltaico Avanzado (que registraba los datos una vez al día) el Experimento del Entorno Espacial en Sistemas de Fibra Óptica y el Experimento Alemán de Células Solares, registraban los datos en una grabadora de cinta magnética que se alimentaba de una batería de Litio.

Experimentos científicos

Experimento Exposición Solar

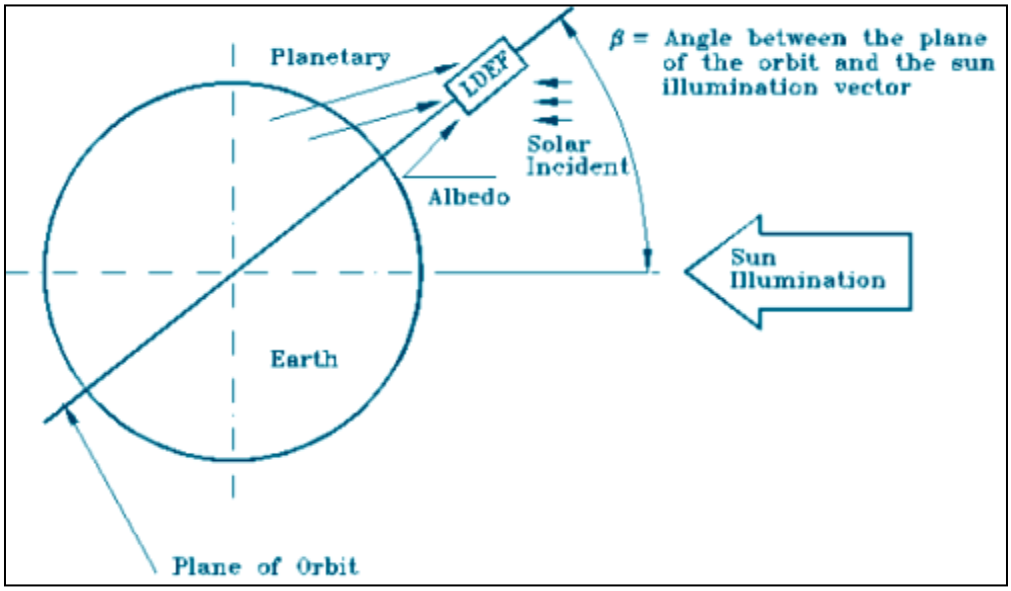
La tasa de exposición a UV solar era relativamente estable en comparación con la variación de flujo de Oxígeno atómico. Sin embargo, existían variaciones en las tasas de flujo para longitudes de onda UV de vacío específicas de 50-100 % en el rango de condiciones de mínimo solar a máximo solar, la actividad a corto plazo de las erupciones solares también podía aumentar temporalmente la intensidad de la energía UV del vacío (variabilidad que no se refleja en el cálculo de hrs de exposición solar) la tasa de acumulación de exposición solar se calculaba en términos del número equivalente de hrs de Sol (dependiendo del factor de forma solar para la radiación solar directa y del factor de forma del albedo de la Tierra, que luego se combinaba con un valor apropiado de albedo para la radiación reflejada de la Tierra (el factor de forma solar de una superficie en una nave espacial en órbita es función de su orientación con respecto a los rayos del Sol, el factor de forma del albedo de la Tierra para una superficie en una nave espacial es una función de la posición de la nave espacial en relación con el hemisferio iluminado de la Tierra y de la orientación de la superficie con respecto a la dirección vertical local, ambos factores de forma, cuando se promediaban sobre una órbita completa, se definen por el ángulo que forma el plano de la órbita de la nave con el Sol, los rayos y la orientación de la superficie expuesta con respecto al rumbo de la nave).

La mayoría de los datos de albedo de la Tierra disponibles se obtuvieron a partir de datos de radiómetros IR transmitidos por satélite, se ha asumido que la dependencia espectral es aproximadamente constante desde el IR al UV, con base en esta suposición, se utilizaron los datos de albedo promedio mensual derivados de las mediciones del radiómetro de onda corta del satélite Nimbus 7, para calcular un albedo terrestre promedio anual bajo la órbita del LDEF de 0.246, los científicos utilizaron este valor de albedo para calcular la exposición solar directa y reflejada de la Tierra al LDEF, la mejor medida de la irradiancia solar total en la parte superior de la atmósfera fue de 1368 +/- 7 W/m^2, una exposición acumulada de radiación solar fue uno de los contribuyentes más importantes a la degradación de materiales en el LDEF, los efectos de esta radiación sobre un revestimiento de sulfuro de Arsénico/KRS-5 depositado sobre un sustrato KRS-5 de la bandeja, mostraron una gran decoloración y las ampollas térmicas habían destruido la muestra (fotos).



Antes

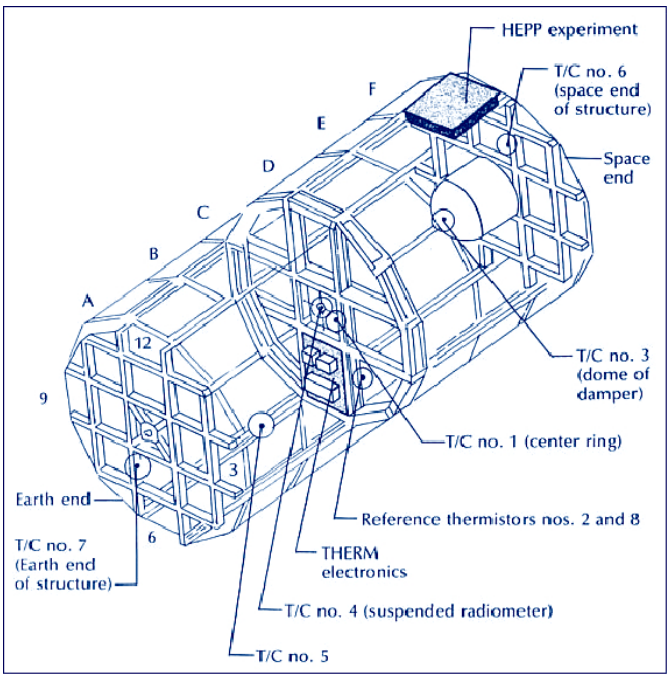
Después

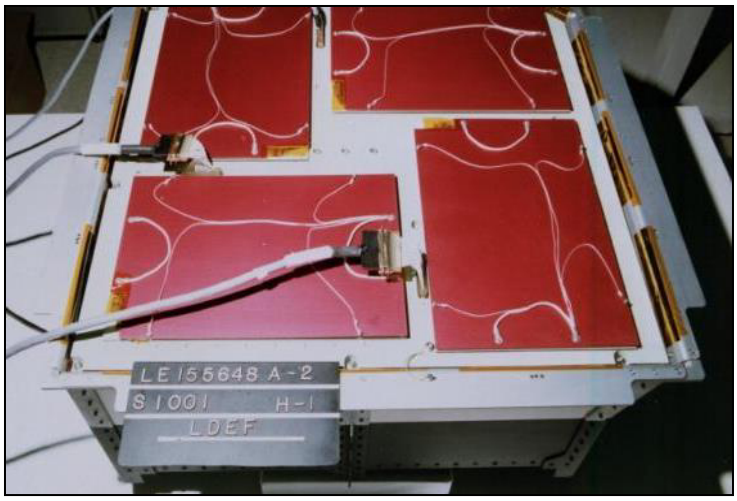


Experimento Viento solar

Los electrones y protones solares no fueron un factor importante debido a la baja altitud del LDEF, la mayoría de los experimentos fueron de naturaleza pasiva, los que estaban activos no requerían cantidades sustanciales de hardware electrónico u operaban solo durante los primeros años y/o estaban bien protegidos, el satélite era una estructura grande con la electrónica necesaria montada en el interior y en la parte posterior de las bandejas experimentales, factores que minimizaron la posibilidad de alteraciones de un solo evento que podrían alterar la información, inducir señales no planificadas en el hardware electrónico o enviar comandos espurios a los sistemas activos.

Experimento Control Térmico





El control térmico fue completamente pasivo y utilizó acoplamiento de radiación dentro de la estructura y revestimientos superficiales, la estructura era esencialmente un polígono hueco con altos valores de emisividad en las superficies internas que se recubrieron con pintura negra mate Chemglaze Z-306, tenía una emisividad previa al vuelo de 0,90; este recubrimiento no expuesto no sufrió ninguna degradación durante la misión, pero debido a que la estructura no se quemó luego de ser pintada, el Chemglaze Z-306 se convirtió en una de las principales fuentes de contaminación, las temperaturas de vuelo internas reales se registraban cada 112 minutos durante el primer año de la misión, utilizando 5 termopares de Cobre-constantano, un radiómetro y dos termistores para medidas de referencia.

Los efectos de este ciclo de temperatura sobre una multicapa depositada provocan la contracción y expansión del espesor de cada una de las capas, cuyo tamaño depende de las propiedades del coeficiente de expansión térmica de los materiales, como los recubrimientos dieléctricos depositados sobre componentes ópticos suelen ser frágiles y pueden estar sometidos a una tensión constante de tracción o compresión, puede producirse una deslaminación del recubrimiento si el desajuste térmico inducido entre capas adyacentes se vuelve demasiado grande, el fallo resultante del revestimiento degrada significativamente el rendimiento espectral del sistema óptico.

Además de las variaciones de espesor no deseadas, que pueden desplazar el perfil espectral de su posición deseada, los efectos del ciclo de temperatura también pueden hacer que el rendimiento espectral se deteriore, ya que las propiedades de dispersión óptica de los materiales cambian con la temperatura, estas variaciones podían volverse significativas y afectar negativamente al perfil espectral del filtro, los revestimientos debían construirse con materiales con suficiente adhesión entre las interfaces para resistir las expansiones y contracciones inducidas térmicamente y poseer una baja susceptibilidad a la dispersión inducida térmicamente, las temperaturas medidas reales dentro del interior variaron desde un mínimo de 1,6 °C hasta un máximo de 56 °C, con una incertidumbre de ±-7/±4 °C y estando dentro de las especificaciones del diseño.

Experimento de la eficacia biológica de partículas HZE

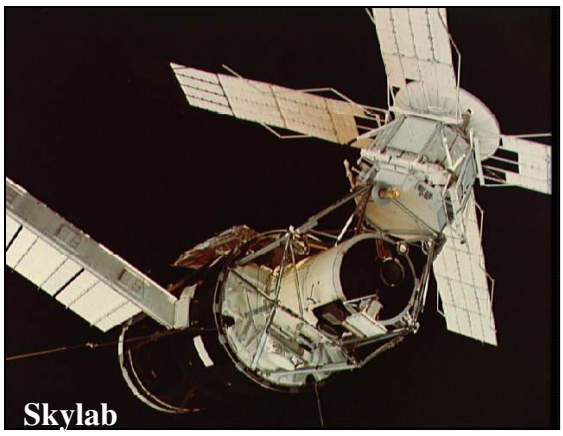
Los estudios sobre la eficacia de las partículas de HZE (partículas de alto número atómico Z y alta energía) y las estrellas son necesarios para confirmar el trabajo en la Tierra, así como para evaluar los efectos biológicos de las partículas de HZE que actualmente no están disponibles en los aceleradores terrestres.

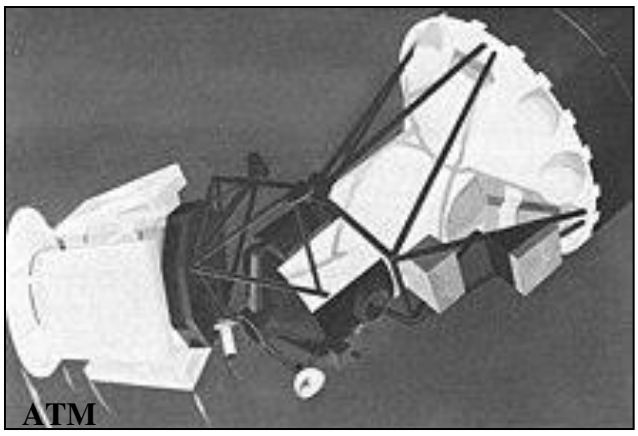
Se requieren experimentos de vuelos espaciales para analizar y evaluar los efectos biológicos de las diferentes especies de partículas de HZE que prevalecen en el espacio, en comparación con la misión lunar Apollo, los datos dosimétricos calculados para un vuelo de 6 meses arrojaron un aumento en la dosis total de aproximadamente 360 %, en la fluencia de partículas HZE de aproximadamente 200 % y en estrellas de incluso 2700 %, el LDEF ofrecía una oportunidad única para recopilar información sobre los efectos de las estrellas sobre la materia biológica.

Experimento Desgasificación Estimulada por Oxígeno atómico

La interacción del oxígeno atómico con materiales en órbita terrestre baja (LEO) es, para muchos materiales, un factor de degradación que conduce a la erosión, modificación de la superficie y emisión de especies gaseosas; se sabe que muchos materiales (por ejemplo, superficies de control térmico) producen productos desgasificados y posible contaminación por partículas cuando se exponen a un entorno espacial, si bien estos productos gaseosos emitidos son generalmente subproductos de oxidación de bajo peso molecular, la preocupación por la emisión estimulada por Oxígeno atómico de productos de desgasificación ópticamente degradantes condujo a la creación de un experimento; dicha contaminación puede producir graves daños ópticos en la superficie provocando un aumento en la absorción superficial de la radiación incidente y alterando así una superficie de control térmico, o una dispersión fuera del eje de la radiación incidente, reduciendo así las características de formación de imágenes de un reflector especular, estas preocupaciones se basaron principalmente en observaciones del grado relativo de contaminación de los recubrimientos de control térmico expuestos a diversos grados de Oxígeno atómico en el laboratorio espacial Skylab.

El Centro de Vuelos Espaciales Marshall de la NASA se involucró inicialmente en el problema cuando investigó los posibles problemas de contaminación asociados con los experimentos del Apollo Telescope Mount (ATM) desde entonces, las áreas de interés que se han investigado son las fuentes, efectos y reducción de la contaminación, restauración de superficies y dimensionamiento de partículas de tamaño micrométrico usando dispersión de luz, se examinaron las superficies de control térmico, los impactos de la pluma de cohetes sólidos y las muestras devueltas desde la estación Skylab, los mecanismos de los contaminantes y los efectos sinérgicos del entorno espacial no se comprenden completamente, y los resultados de estas investigaciones no muestran daños por contaminación de la magnitud observada en la misión Skylab.


Skylab


ATM

Experimento Interacción del Oxígeno atómico con superficies sólidas en altitudes orbitales

Se sabe que el Oxígeno y el Nitrógeno atómicos son extremadamente reactivos cuando chocan contra superficies sólidas y pueden producirse cambios químicos que alteren las propiedades ópticas y eléctricas y, en algunos casos, eliminen capas de material, si los átomos chocan con la energía cinética de la velocidad orbital (aproximadamente 5 eV para el Oxígeno atómico) existe la posibilidad de que se produzca un impacto físico, pero no hay evidencia experimental de esto porque los haces de laboratorio de flujo referente a estas energías son extremadamente difíciles de producir, este experimento fue diseñado para exponer una amplia variedad de superficies al intenso flujo de átomos en órbita con el fin de determinar la naturaleza bruta de los efectos.

Como plataforma para este tipo de experimento, el LDEF es particularmente adecuado en comparación con otras naves espaciales diseñadas para apuntar o permanecer fijas en el espacio, el modo de estabilización de actitud dió como resultado que la misma superficie siempre se presentara al flujo atmosférico ambiental a lo largo del factor de velocidad, mientras que la superficie opuesta del vehículo permanecía en un fuerte vacío.

Las imágenes producidas por cámaras estenopeicas que utilizaron película sensible al Oxígeno atómico proporcionaron información sobre la relación entre la velocidad orbital y la velocidad térmica más probable de los átomos de Oxígeno, alternativamente, se podía obtener información sobre la posición del satélite en relación con la velocidad orbital, siempre que se realizaran las correcciones adecuadas para la propagación térmica.

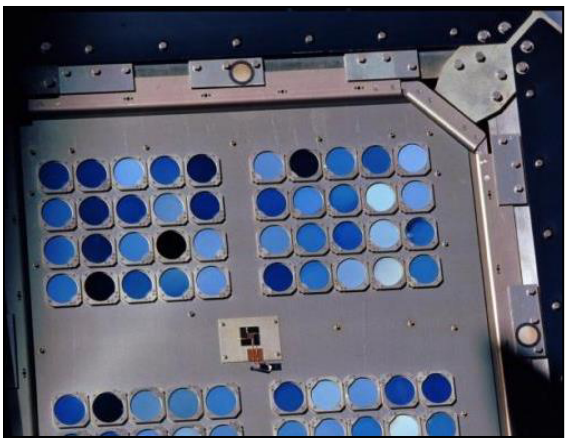
Experimento Ultravioleta (UV) y Ultravioleta Extremo (EUV)

Los experimentos UV y EUV sufren degradación durante las misiones espaciales de 30 días de duración, se cree que la degradación se debe principalmente a la condensación de los productos de desgasificación, seguida de la polimerización inducida por el sol. Sin embargo, también se sabe que las partículas cargadas penetrantes producen efectos de volumen. Por otro lado, la degradación puede comenzar inmediatamente después de la fabricación del componente debido a la oxidación, la humedad o la corrosión química por componentes atmosféricos como el CO2 y el SO2. Finalmente, cuando los filtros se utilizan como ventanas para celdas de absorción de gas o filtros de gas, o cuando definen el ancho de banda instrumental por sí mismos (como en fotómetros y colorímetros), los efectos de la degradación mecánica por ciclos térmicos y/o impacto de polvo pueden ser dramáticos.

En preparación para la misión SOHO planeada por la NASA/ESA para su lanzamiento en 1995, se colocaron en LDEF muestras de prueba de componentes ópticos que serán utilizados por el telescopio de imágenes EUV, estos componentes incluían filtros de película delgada utilizados para el rechazo de la luz visible y un nuevo tipo de reflectores ópticos desarrollados para EUV desde 1975, dichos reflectores consistían en una pila periódica de películas delgadas de varias capas, depositadas sobre sustratos de vidrio; funcionaron aumentando la reflectividad a partir de la interferencia constructiva de haces individuales reflejados en la interfaz entre materiales sucesivos de alta y débil absorción; los espesores de capa son una fracción de la longitud de onda del haz de luz reflejada, de modo que el período de la estructura era Lambda/2 (Lambda = longitud de onda operativa).

Experimento Polvo Interplanetario (IDE)

El estudio del polvo interplanetario históricamente se ha visto afectado por el problema de las bajas velocidades de datos y, por lo tanto, los análisis de datos estadísticamente inadecuados, el laboratorio permitió por primera vez en vuelo de un experimento con una gran área efectiva, arrojando datos con los que se podía lograr una excelente confianza estadística, el IDE fue único en proporcionar un historial de impactos de partículas micrométricas en 6 de los lados del LDEF; el valor de estos datos resueltos en el tiempo dependía y se veía reforzado por el funcionamiento adecuado de los sistemas básicos del satélite, el valor de los datos aumentaba considerablemente cuando se conocía la ubicación y orientación del LDEF para cada momento de impacto (la actitud de LDEF se estabilizaba pasivamente en un modo de gradiente de gravedad y utilizaba un amortiguador viscoso anclado magnéticamente para disipar los movimientos de alabeo, cabeceo y guiñada).

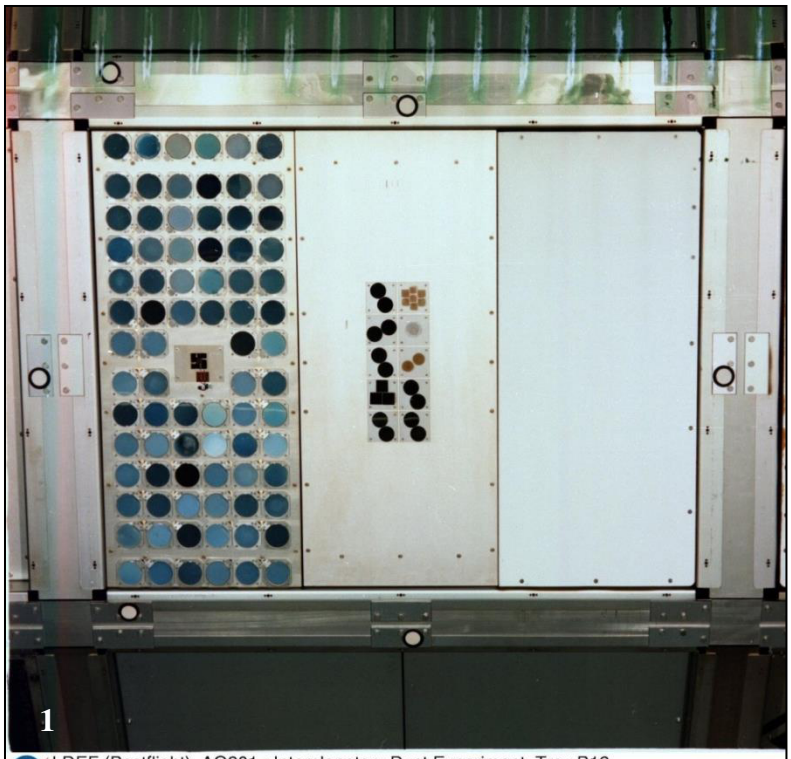


Dos niveles de sensibilidad del detector proporcionaron una indicación de la energía y la masa de las partículas, el área activa era de casi 1 m^2, por lo que se esperaban tasas de recuento de aprox. 30 por día durante un tiempo de exposición de aproximadamente un año (la órbita de la partícula no se puede obtener, excepto estadísticamente) al conocer la orientación del detector, la posición del LDEF en la órbita terrestre y la posición de la Tierra en relación con otros cuerpos celestes, se podía extraer información esencial de la órbita.

Un vuelo anterior -el satélite Explorer 46- dio la primera evidencia de la existencia de partículas de tamaño sub micrométricas, principalmente asociadas con corrientes de meteoritos y la idea del LDEF era la de poder obtener datos más precisos y estimar la vida útil en el espacio interplanetario, para estudiar el destino y el origen del polvo interplanetario, se midieron varios tipos de variaciones de tiempo, entre las más interesantes se encuentra la variación secular, el flujo en varias corrientes de meteoros, en función del paso de un cometa.

Varias naves espaciales interplanetarias informaron concentraciones anómalas de muy pequeños granos de polvo cósmico provenientes de la dirección general del Sol, interpretándose como evidencia de meteoritos beta (granos tan pequeños que, después de la liberación de un cuerpo padre, experimentan una presión de radiación suficiente como para modificar la masa solar) en el panel Oeste se deberían ver meteoritos beta cerca del atardecer, en el panel Este cerca del amanecer y el panel con dirección espacial cerca del mediodía; además, se demostró que una fuente importante del entorno de micrometeoritos interplanetarios son de los cometas, la confirmación y expansión de estos resultados dio una idea importante del fenómeno cometario, uno de los problemas más difíciles era distinguir el polvo interplanetario de los desechos espaciales creados por el hombre, su separación dependía de saber algo de las órbitas de los escombros.

En la imagen 2 el hardware del Experimento de Polvo Interplanetario tiene una mancha marrón fina en las superficies expuestas, en la esquina superior derecha de algunos de los detectores se puede ver una mancha marrón más intensa, probablemente del material debajo de la pequeña placa de cubierta eléctrica del marco del detector, la mancha que se vio en la placa base del sensor solar en la fotografía de vuelo no se puede ver debido a la luz reflejada y los colores que se ven en la superficie similar a un espejo del detector son reflejos del área circundante, una mancha oscura vista en un detector en la tercera fila desde la parte superior en la fotografía de vuelo, no se encontró en una inspección posterior al vuelo, una inspección detallada de esta fotografía revela varias ubicaciones de daños por impacto.



1

LDEF (Postflight), AO201 : Interplanetary Dust Experiment, Tray B12
NASA Langley Research Center 2/8/1990 Image # EL–1994–00204

2

LDEF (Postflight), AO201 : Interplanetary Dust Experiment, Tray H11
NASA Langley Research Center 3/19/1990 Image # EL–1994–00297

Experimento SEEDS (Semillas en el espacio)

La contaminación microbiana en naves espaciales se ha documentado anteriormente. Sin embargo, los riesgos potenciales para las plantas y los seres humanos en los futuros sistemas de soporte vital ecológico controlado basados en el espacio aún no se habían abordado directamente, este estudio fue diseñado para determinar la supervivencia de microorganismos expuestos a las condiciones relativamente duras que se encuentran en la órbita terrestre baja, estrechamente relacionado con el Experimento Semillas en el Espacio Space Expose (SEEDS) que ofreció a los estudiantes la oportunidad de evaluar la capacidad de supervivencia de semillas almacenadas en un entorno espacial y así, determinar posibles mutaciones y cambios en la tasa de mutación que pudiesen ocurrir; el SEEDS desarrollado para generar interés en la ciencia y brindar a los estudiantes oportunidades experimentales utilizando materiales transportados en aviones o el espacio, fue un proyecto cooperativo entre la NASA, el Centro de Investigación Langley y la Park Seed Company de Greenwood, Carolina del Sur, fueron transportadas 12,5 millones de semillas de tomate en el experimento, las semillas espaciales germinaron antes, crecieron más rápido y eran más porosas que las semillas terrestres.

Experimento Impacto de Meteoritos

El espacio interplanetario contiene objetos sólidos cuya distribución de tamaño cubre continuamente el intervalo desde partículas de tamaño submicrónico hasta asteroides o cometas de tamaño kilométrico, algunos meteoritos se originan en cometas (principalmente polvo expulsado en el perihelio) otros se originan en colisiones dentro del cinturón de asteroides, es probable que la mayoría de las partículas provengan de cometas, pero los datos del Satélite de Astronomía Infrarrojo (IRAS) indican que los asteroides podrían ser una fuente más grande de lo esperado.

Además de las partículas naturales, la actividad humana ha agregado un número significativo y creciente de partículas en el espacio cercano a la Tierra. En las proximidades de la Tierra, las perturbaciones gravitacionales y la influencia de la atmósfera afectan en gran medida la distribución de las partículas.

La densidad espacial (número por unidad de volumen) de los meteoritos varía en función de la distancia al Sol, la distancia a un planeta, la latitud y longitud de la eclíptica, la vida útil del polvo interplanetario es dinámicamente limitada, la presión de la radiación gravitacional y solar reduce gradualmente el tamaño de la órbita después de 10000 años; la vida útil de las partículas también se controla mediante procesos de colisión, las partículas submicrométricas serán expulsadas del sistema planetario por la presión de la radiación solar (meteoritos beta) en las proximidades de la Tierra, las perturbaciones gravitacionales y la influencia de la atmósfera afectan en gran medida la distribución de las partículas, la detección in situ y la recolección de polvo mediante experimentos realizados en LDEF mejoraron la comprensión actual de este aspecto del entorno espacial.

Se esperaba que las partículas de polvo interplanetario formaran cráteres bien definidos al impactar el material expuesto en el espacio, el estudio de la frecuencia y las características de estos cráteres proporcionó datos sobre la distribución del flujo de masa de los micrometeoritos y, en menor medida, sobre la velocidad, la magnitud y la dirección.

En el pasado se han realizado estudios limitados de cráteres con materiales recuperados después de la exposición en el espacio en las naves Surveyor 3, Apollo 4 - 11, Gemini 10 - 11 y Skylab. Sin embargo, se había aprendido poco sobre la composición de las partículas, este experimento se centró en la determinación de la composición de los residuos de material meteorítico dentro de los cráteres.

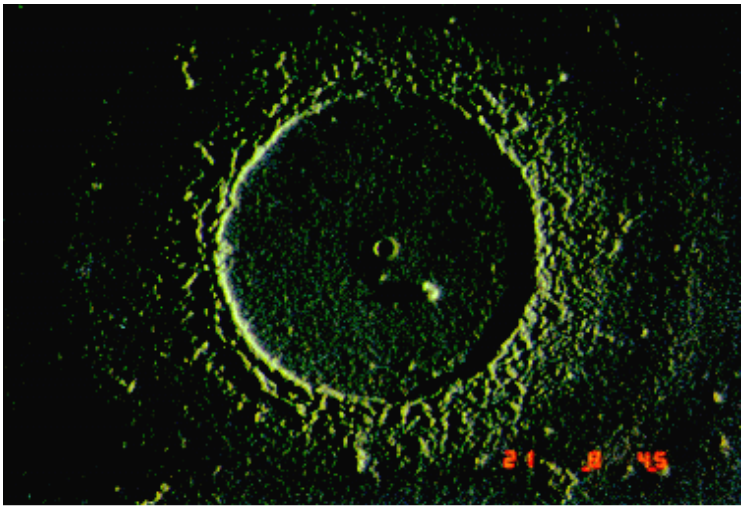
La determinación de la composición química de las partículas impactantes es un tema crítico, en general, se destruyen físicamente y se mezclan con el material objetivo en el proceso de formación de cráteres, aunque puede dejarse poco o ningún material prístino para el análisis químico, particularmente en metales como el Tungsteno o el Oro, es posible recolectar suficiente material residual de proyectiles para el análisis; con base en experimentos de laboratorio, dichos residuos pueden reducirse a una composición inicial probable.

Los modelos del entorno de meteoritos cercanos a la Tierra se han basado en mediciones de diferentes tipos de detectores, cada uno de los cuales medía su propio rango de masa sin superposición de mediciones, como consecuencia, se ha utilizado un ajuste incierto de los datos para estimar la población y la distribución del tamaño de los meteoritos cercanos a la Tierra; este experimento utilizó placas de Aluminio para detectar meteoritos en un rango de tamaño muy grande, pudiéndose aplicar a todos los datos un solo factor que convertía el tamaño del cráter en masa de meteoritos.

El Experimento de Impacto de Meteoritos y Desechos Espaciales se dirigió tanto al peligro de daño por impacto como a la naturaleza del Sistema Solar, los meteoritos son pequeñas partículas interplanetarias que viajan a través del Sistema Solar sin ser detectadas y cuyo encuentro sólo puede tratarse estadísticamente, los que pasan cerca de la Tierra son atraídos por el campo gravitacional y algunos golpean a las naves espaciales a medida que avanzan hacia la atmósfera, considerándolos un peligro desde el comienzo de la exploración espacial.

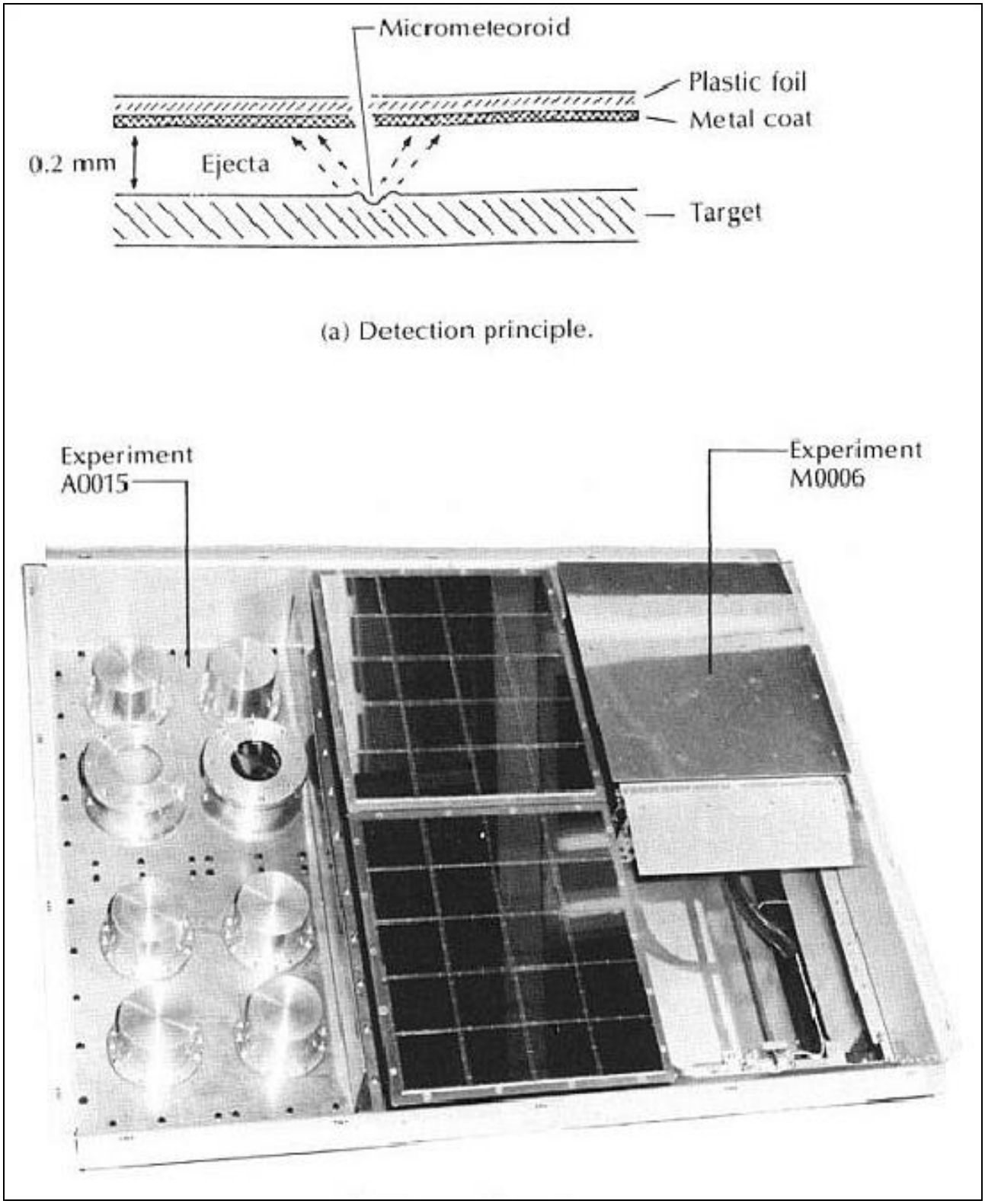
La NASA ha publicado modelos del entorno de meteoritos cercanos a la Tierra y en el espacio interplanetario, y un documento de criterios de diseño para la protección contra meteoritos, pero el interés por los meteoritos es más amplio que la preocupación por el peligro que presentan para las naves espaciales, los meteoritos pueden ser material primario inalterado cuya composición y trayectorias orbitales son pistas importantes sobre el origen y la evolución del Sistema Solar.

En el LDEF se expuso una serie de experimentos diseñados para estudiar el entorno de partículas hiperveloces en la órbita terrestre baja (LEO) si bien la mayoría de estos experimentos estaban destinados a investigar los micrometeoritos naturales, surgió una preocupación sustancial con respecto a las contribuciones de los desechos orbitales artificiales después de la concepción y ubicación de estos experimentos en órbita baja, estos desarrollos hicieron que fuera primordial que el historial de impactos acumulativo en el satélite se cuantificara en la mayor medida posible, debido a la naturaleza azarosa del proceso de bombardeo, esta cuantificación requirió que se hicieran esfuerzos para obtener la mejor información estadística posible.



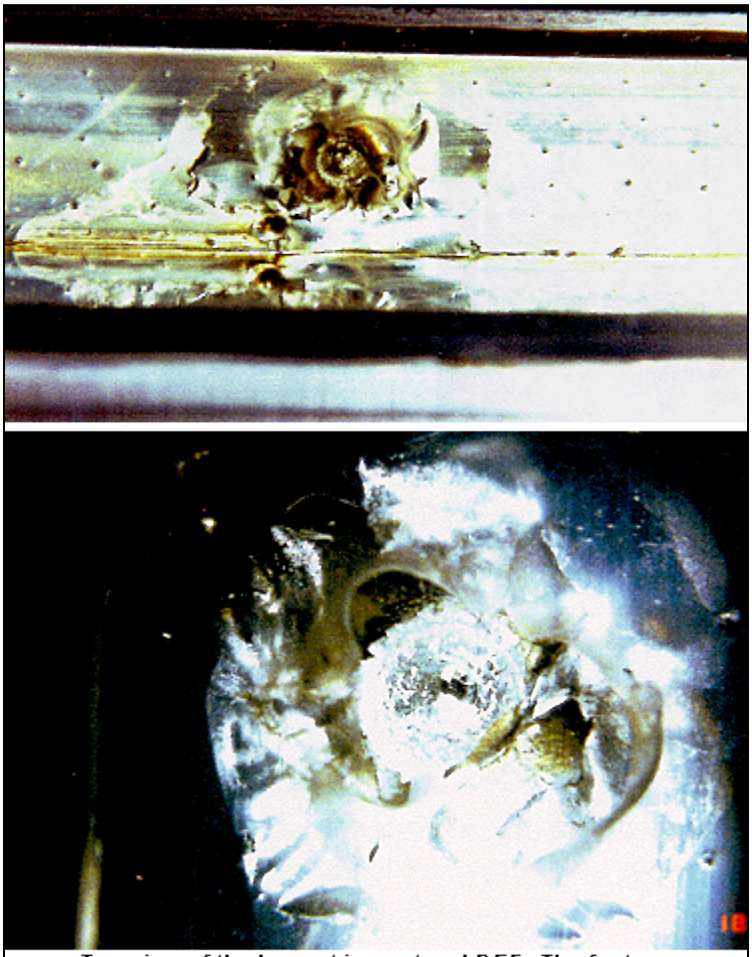
Low-angle light photograph of an impact into a painted aluminum surface highlighting the paint spall zone commonly assocaited with such impacts

Penetration through 1 mm thick painted aluminum surface

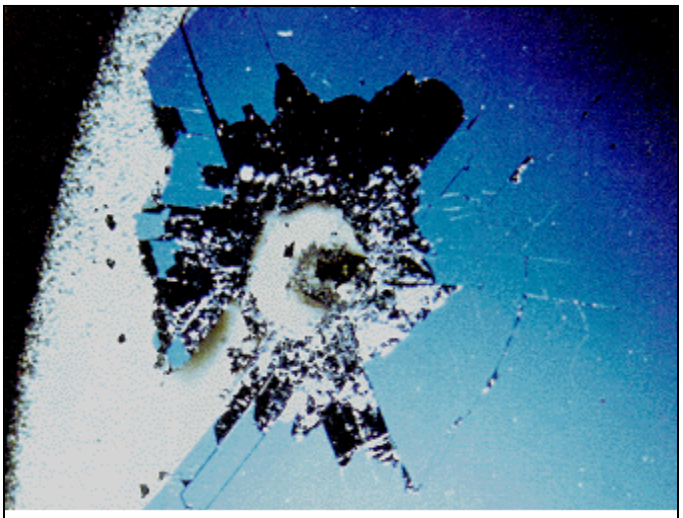

Micrometeoroid
Plastic foil
Metal coat
0.2 mm
Ejecta
Target
(a) Detection principle.
Experiment
A0015
Experiment
M0006

Experimento Impacto de Desechos Espaciales

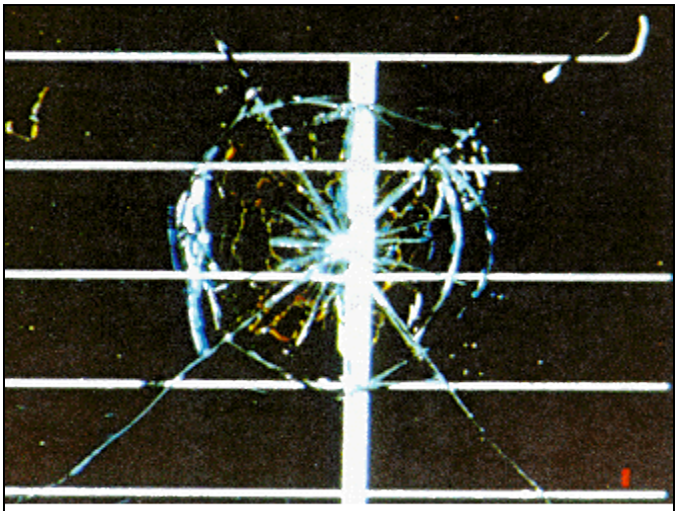
Los desechos artificiales son un componente importante del entorno de desechos espaciales cercanos a la Tierra, es el material creado por el hombre que queda en el espacio como resultado de la actividad espacial, su tamaño varía desde fragmentos microscópicos creados durante explosiones en el espacio hasta grandes motores de cohetes gastados, algunos desechos escaparon de la gravedad terrestre, pero la mayoría quedó en órbita, el hecho de que los desechos espaciales todavía estén en órbita es motivo de preocupación como un peligro potencial para las naves espaciales; se rastrean, se catalogan grandes trozos de desechos y se verifican las posibles colisiones para cada misión espacial y se puedan tomar medidas evasivas si es necesario, las piezas pequeñas son imposibles de rastrear y su encuentro (como el de los meteoritos) y deben tratarse estadísticamente; la NASA posee un modelo del entorno de desechos orbitales artificiales para ser utilizado en el análisis de peligros, las futuras explosiones de naves espaciales, ya sean accidentales o intencionales, pueden resultar en millones de fragmentos, cada uno capaz de infligir daños sustanciales por impacto, permaneciendo los fragmentos en órbita durante años.



Two view of the largest impact on LDEF. The feature measures ~5 mm in diameter and was located on a ram-facing portion of an aluminum Z-frame that was covered with a Teflon layer.



Impact into a metal-oxide-silica (MOS) detector



Impact into solar-cell cover glass. Such impacts can degrade the power producing ability of such devices

Casi todos los tipos de superficies o materiales de naves espaciales que estaban en uso en la década de 1980, o concebidos para su uso potencial en un futuro previsible, estuvieron expuestos al entorno de la órbita terrestre baja en el LDEF, los exámenes de los daños provocados por el impacto en tales superficies/materiales proporcionarían información valiosa para los diseñadores de naves espaciales, uno de los resultados más significativos de la inspección de los sitios de impacto en el satélite fue el hecho de que gran parte del daño total se debió a los efectos sinérgicos de varios factores ambientales del espacio en órbita baja, y no solo a los impactos a hipervelocidad de los meteoritos o partículas de desechos espaciales.

El daño por impacto podía degradar el rendimiento de los materiales expuestos y, en algunos casos, destruir la capacidad para realizar o completar su misión (las partículas más grandes pueden penetrar a través de las paredes protectoras) con una velocidad de impacto relativa de 10 Km/s, una pieza de Aluminio que tiene alrededor de 0,7 mm de diámetro puede penetrar a través de una pared del satélite de Aluminio típica de 2,5 mm de espesor.

Durante toda su misión, se encontró en el LDEF un impacto de este tamaño por cada 7 m^2 de área de superficie expuesta, y experimentó alrededor de un impacto por m^2 en superficies expuestas en ambos extremos, que podrían haber penetrado en una caja electrónica de Aluminio de 1,5 mm de espesor, si bien estos impactos pueden ser extremadamente dañinos para los componentes internos, la electrónica, las baterías, los motores y los mecanismos, son relativamente raros, los impactos más pequeños, que pueden degradar el desempeño de la misión o causar la finalización de la misión, son mucho más comunes con decenas de miles, si no millones, de tales impactos por m^2 de superficie expuesta que ocurren durante la vida útil de un satélite.

El daño por impacto se describe típicamente en términos de cráteres o diámetros de orificios de penetración, se debe principalmente al hecho de que otros mecanismos de daño no se comprenden bien, ni se incluyen en la mayoría de las ecuaciones analíticas.

Actualmente, la mayoría de las estructuras de los satélites están construidas con metal, sobre todo, de Aluminio. Sin embargo, algunos satélites utilizan materiales compuestos como grafito-epoxi y Carbono-Carbono en su construcción, y se espera que más lo hagan en el futuro, ya que dichos materiales ofrecen ahorros de peso considerables y costos de lanzamiento, debido a que el LDEF fue diseñado para soportar varios lanzamientos, recuperaciones y cargas de aterrizaje, su estructura estaba hecha de vigas en I de Aluminio atípicamente pesadas (para satélites) algunas estructuras experimentales, como las cajas de electrónica tenían espesores de pared de Aluminio del orden de 2-2.5 mm, mientras que otros experimentos expusieron muestras de compuestos de grafito-epoxi.

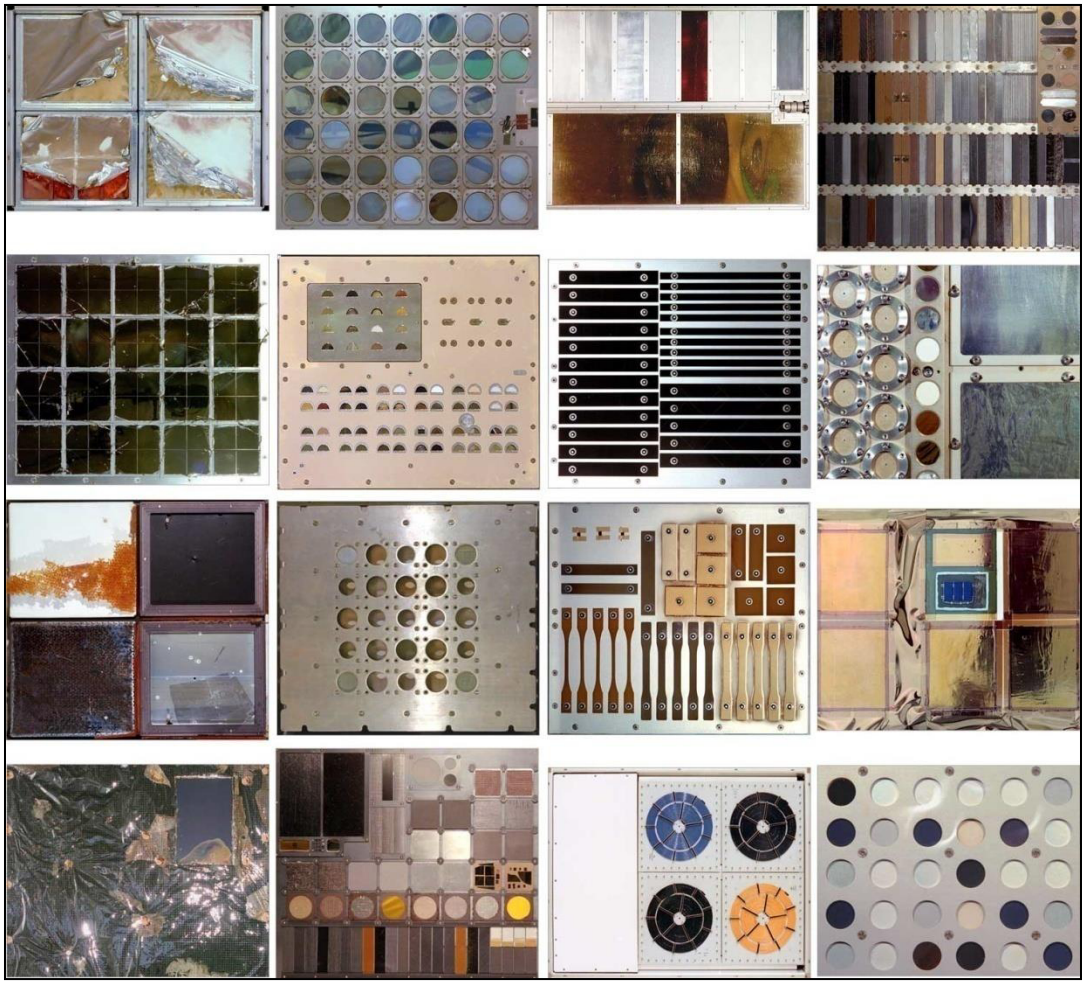
Como resultado, los materiales volados en el laboratorio LDEF proporcionaron ejemplos de cráteres de impacto típicos y comportamiento de penetración en varios materiales de naves espaciales.

Experimento Efectos de la exposición de larga duración en los componentes activos del sistema óptico

Los sistemas electroópticos se encuentran cada vez más en las aplicaciones en los sistemas espaciales, los exitosos vuelos de sondas interplanetarias que se remontan al Mariner II en 1962 demostraron la capacidad de los sistemas ópticos para operar en el entorno espacial interplanetario durante períodos de muchos meses, los satélites de recursos terrestres y meteorológicos actuales son indicativos de la complejidad que se logró en dichos sistemas y los enlaces de comunicación láser muestran un nuevo nivel de sofisticación que se desarrolló para los futuros sistemas electroópticos.

Los peligros ambientales peculiares del espacio incluían decoloración inducida por radiación, defectos eléctricos activos y cambios en el índice de refracción, problemas que podían surgir de los efectos de desgasificación, sublimación y descomposición, así como de la deposición de tales productos y otros desechos sobre las superficie de los componentes, otros peligros eran la abrasión o la formación de cráteres en la superficie, causados por polvo cósmico y meteoritos.

Los componentes ópticos y electroópticos debían sobrevivir en este entorno, normalmente, la seguridad de supervivencia se proporciona mediante pruebas realizadas en la Tierra simulando los aspectos del entorno espacial que se consideran más graves, la disponibilidad del LDEF permitió la exposición de componentes electroópticos a un verdadero entorno espacial.



Experimento Medición de Radiación (PEERBEC)

Este experimento estuvo compuesto por sensores y componentes asociados con la medición del Presupuesto de Radiación Terrestre (ERB) de satélites, incluían los sensores de repuesto de vuelo del experimento ERB que operaron en los satélites Nimbus 6 y Nimbus 7, estos experimentos requieren precisiones del orden de porcentajes fraccionarios en la medición de la radiación de flujo solar y terrestre, para asegurar que los dispositivos de alta precisión midieran realmente variaciones reales y no responden a los cambios inducidos por el entorno espacial, es deseable probar dichos dispositivos radiométricamente después de la exposición a la mejor aproximación del entorno orbital.

Satélite Nimbus

El motivo de proponer este experimento fue ayudar a explicar los resultados obtenidos por el ERB de Nimbus 6 (lanzado en 1975 durante el declive del ciclo solar 20) este satélite contenía 10 sensores (canales) de medición de radiación solar y 4 sensores de medición de flujo terrestre, los sensores solares estaban montados en el borde de ataque del Nimbus y los de flujo terrestre miraban hacia abajo, el canal 10S de Nimbus 6 (canal de detección de UV) fue reemplazado por un radiómetro de cavidad para mediciones de radiación solar total para la Misión Nimbus 7 (lanzado en 1978, cuando se acercaba el pico del ciclo solar 21) luego de las mediciones iniciales, los canales solares que tenían filtros mostraron una lenta degradación; después de permitir un período de protección contra la contaminación por desgasificación, los canales solares ERB se abrieron y comenzaron las mediciones el 16-11-1978, con el aumento de la actividad solar del ciclo solar 21 se produjo una importante recuperación de la señal para estos canales, cuando se experimentó la recuperación de Nimbus 7, se descubrió que los sensores de Nimbus 6 (entonces más de 4 años en órbita) también se habían recuperado.

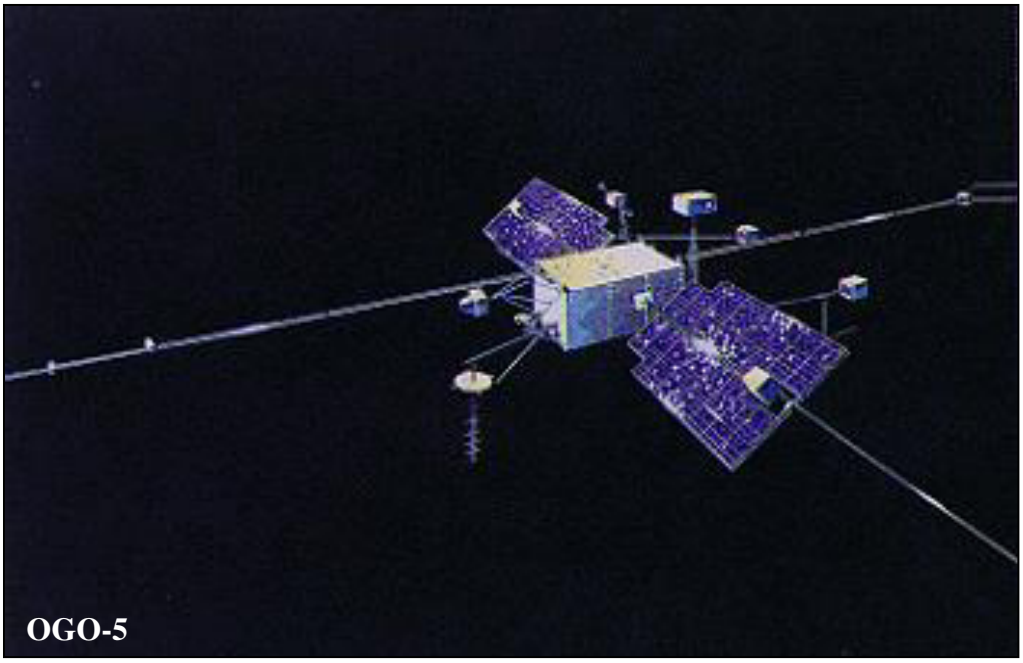
Después de los eventos iniciales, la respuesta de los distintos canales fue diferente, los canales 6S y 9S midieron niveles más altos que sus lecturas iniciales, mientras que los otros 2 canales de filtro de interferencia (7S y 8S) mostraron fuertes disminuciones, los canales con ventanas de sílice fundida actuaron de manera diferente, si bien el canal 2S mostró una disminución con solo una recuperación parcial, el canal 1S normalmente cerrado mostró muy pocos cambios hasta más tarde en la misión cuando su obturador se dejó abierto, a medida que el ciclo solar 22 se acercaba al máximo, la mayoría de los canales mostraban cierto grado de recuperación, se podía obtener mucha información sobre la contaminación de los canales filtrados ERB a partir de los datos de los satélites Nimbus.

Experimento Rayos Cósmicos

El del LDEF brindó la oportunidad de recolectar un número razonable de núcleos de rayos cósmicos pesados, el conocimiento de la abundancia de estos núcleos era esencial para cualquier teoría sobre la fuente, aceleración, propagación, confinamiento y edad de los rayos cósmicos.

Experimento Gas Interestelar (IGE)

En las cercanías del Sistema Solar, las partículas interestelares son, en su mayoría átomos neutros individuales, debido a su movimiento relativo al Sol, una parte de este flujo puede penetrar en el Sistema Solar hasta la región de los planetas interiores, la presencia de estas partículas cerca de la Tierra fue confirmada por primera vez por la nave Orbiting Geophisical Observatory OGO-5 en 1969 y nos han proporcionado una visión considerable de la naturaleza del medio interestelar cercano.


OGO-5

En el pasado, las regularidades observadas en la abundancia de elementos y sus isótopos, sobre las cuales se basa la teoría de la nucleosíntesis, se han obtenido principalmente de las abundancias del Sistema Solar, en particular de datos meteoríticos, solares, terrestres y de viento solar. Sin embargo, esta muestra representa solo una pequeña fracción del material del universo, incluso una pequeña muestra de isótopos fuera del Sistema Solar daría una idea significativa de los diversos procesos de construcción de elementos que se han producido en la nucleosíntesis original y los que han ocurrido en nuestra Galaxia, el análisis isotópico del componente de gas noble del Gas Interestelar proporciona una nueva fuente de datos significativa y complementa otras técnicas prometedoras, como la astronomía de ondas milimétricas, rayos cósmicos y rayos γ nucleares.

La técnica de detección de lámina delgada para estas partículas interestelares en el IGE se utilizó por primera vez en las misiones Apollo a la Luna para medir las proporciones isotópicas del viento solar, posteriormente, en la misión Skylab, se utilizó la misma técnica para medir los isótopos de partículas magnetosféricas en precipitación, la técnica también se ha utilizado en cohetes sonda para analizar partículas aurorales, de esta manera se ha acumulado una experiencia considerable en este método de recolección de muestras de partículas extraterrestres.

Experimento de tubo de calor de placa plana transversal

El uso de tubos de calor como sistema de control térmico en aplicaciones industriales, militares y espaciales ha aumentado en las últimas décadas, las aplicaciones cubren una amplia gama de temperaturas, desde sistemas criogénicos y ambientales hasta sistemas de alta temperatura, y emplean fluidos de trabajo como metanol y amoníaco para metales líquidos, los tubos de calor se emplean en usos cotidianos, como sistemas de enfriamiento de placas de circuitos y deshielo de tuberías, así como en los misiles tácticos, sistemas de comunicaciones en el campo de batalla y electrónica de naves espaciales.

La aplicación de tubos de calor como sistema de control térmico ofrece muchas ventajas sobre un circuito de fluido bombeado convencionalmente o una placa fría, debido a la naturaleza de su diseño, los tubos de calor tienen una confiabilidad inherente ya que no poseen partes móviles y tienen la capacidad de transportar energía térmica a distancias relativamente grandes con muy poca caída de temperatura, además, dado que son impulsados por las diferencias de presión entre el fluido y el vapor, no se requiere energía externa.

Estas características, junto con la capacidad de conductancia variable para proporcionar control de temperatura sobre amplias variaciones en las cargas de calor de la fuente, hacen que los tubos de calor sean una opción muy atractiva para la gestión del calor residual de sistemas en órbita y naves espaciales.

Un tubo de calor transversal es un tubo de calor de conductancia variable (VCHP) que puede manejar cargas térmicas relativamente grandes, desarrollado para eludir el problema de bloqueo de la arteria con burbujas de gas asociado con los diseños de mechas arteriales convencionales que limitaban su capacidad a cargas pequeñas en el modo VCHP, en el diseño básico de una tubería de calor transversal, el líquido fluye en una dirección transversal o perpendicular al flujo de vapor y el control de temperatura se logra mediante el uso de técnicas convencionales de gas no condensable, el concepto de esta investigación fue utilizar la tecnología básica de tubería de calor para diseñar y fabricar un experimento de módulo de control térmico, demostrar la capacidad y el rendimiento del hardware en el entorno de vuelo del STS y verificar la correlación de datos de vuelo con respecto a los tomados en la Tierra.

Durante varios años, el Centro Marshall de Vuelos Espaciales (NASA) buscó activamente la aplicación práctica de la tecnología de tubería de calor al hardware de control térmico real, se desarrollaron varios conceptos de tubos de calor en hardware de placa de pruebas y se probaron exhaustivamente en condiciones de vacío térmico para verificar el rendimiento; se completaron con éxito programas con un radiador de tubos de calor desplegable, tubos de calor transversales, una placa de tubo de calor isotérmico y un sistema de control térmico total de tubo de calor, también se hicieron investigaciones térmicas para vehículos futuros o la estación espacial, indicando claramente las ventajas de los sistemas de control térmico con tuberías de calor, este experimento ofreció una oportunidad única para proporcionar una demostración en vuelo de la tecnología de control térmico de tuberías de calor para su aceptación general en aplicaciones espaciales.

Se anticipó que la tubería de calor de placa plana transversal autorregulada mantendría las áreas de control de temperatura del experimento dentro de la tolerancia especificada con entradas de calor variables independientes de la orientación del satélite..

Experimento de Contaminación Molecular basada en Carbono (orgánico)

La caracterización de superficies de materiales individuales dio una indicación del alcance de la contaminación basada en carbono (orgánica) en el LDEF, prácticamente en todos los casos en los que se fabricaron perfiles de barrena, el espesor de la película era bastante delgado (unos cientos de Å o menos) cualquier superficie de material expuesta a un entorno terrestre (incluso en una sala limpia) mostraría algo de material orgánico (Carbono) en un análisis, las superficies expuestas al Oxígeno atómico mostraron relativamente menos Carbono en los perfiles que las superficies no expuestas al Oxígeno atómico durante el vuelo.

El Carbono depositado antes del vuelo y en órbita en las superficies del borde de ataque se eliminó por oxidación, solo las contribuciones posteriores al vuelo quedaron en tales superficies, el examen de las cabezas de los pernos de acero inoxidable de la abrazadera de la bandeja mostraba claramente el patrón de contaminación orgánica alrededor del LDEF, los pernos de las ubicaciones entre las filas 3 y 4 a las más largas entre las filas 5 y 6 mostraron el mayor porcentaje de Carbono en sus espectros, para todas las demás ubicaciones, incluso aquellas que recibieron las dosis mínimas de Oxígeno atómico durante la breve excursión de actitud posterior a la recuperación, el porcentaje de Carbono en los espectros era sustancialmente menor.

A excepción de la deposición lo suficientemente gruesa como para reducir la transmisión en las ventanas ópticas y los espejos, los depósitos de base orgánica en las superficies enfrentadas hacia el espacio generalmente no deberían ser un problema, la posible excepción eran las sustancias orgánicas atrapadas bajo depósitos de silicona que podían contribuir al oscurecimiento por fotorreacciones con la radiación solar, esta posibilidad se investigó a fondo utilizando películas delgadas en el LDEF, para las superficies no expuestas al Oxígeno atómico, se acumularon todas las exposiciones a contaminantes; antes del vuelo, en órbita y después del vuelo, la breve exposición al Oxígeno atómico durante la excursión de actitud posterior a la recuperación fue suficiente para eliminar la mayor parte de la contaminación de base orgánica en superficies no expuestas previamente al Oxígeno atómico.

Experimento Medición de Reflectancia

Para la función de distribución de reflectancia bidireccional, reflectancia y mediciones de análisis de superficie en hardware seleccionado se usó un dispositivo portátil de función de distribución de reflectancia bidireccional de longitud de onda fija (BRDF) que medía las características de la superficie en las abrazaderas de las bandejas seleccionadas, se intentó correlacionar los resultados de las mediciones de reflectancia y BRDF con la cantidad de Silicio presente en la superficie, sin embargo, los niveles de contaminación de Silicio no variaron lo suficiente como para permitir que se hiciera una correlación.

Se utilizaron medidas de dispersión de luz utilizando la función de distribución de reflectancia bidireccional en pinzas seleccionadas para intentar correlacionar las medidas de BRDF con el contenido de Silicio. La luz de una longitud de onda elegida se dirigía sobre una superficie en un ángulo dado y la intensidad de la luz reflejada se medía en ángulos de dispersión seleccionados, las ubicaciones de las mediciones en las abrazaderas G6-5 y H6-11 se eligieron para proporcionar una muestra de áreas visualmente diferentes, las cabezas de los pernos en las abrazaderas también influyeron en los patrones de deposición, los estudios de barrena en muestras seleccionadas demostraron que cualquier capa de contaminación es extremadamente delgada, de 50 a 200 Å.

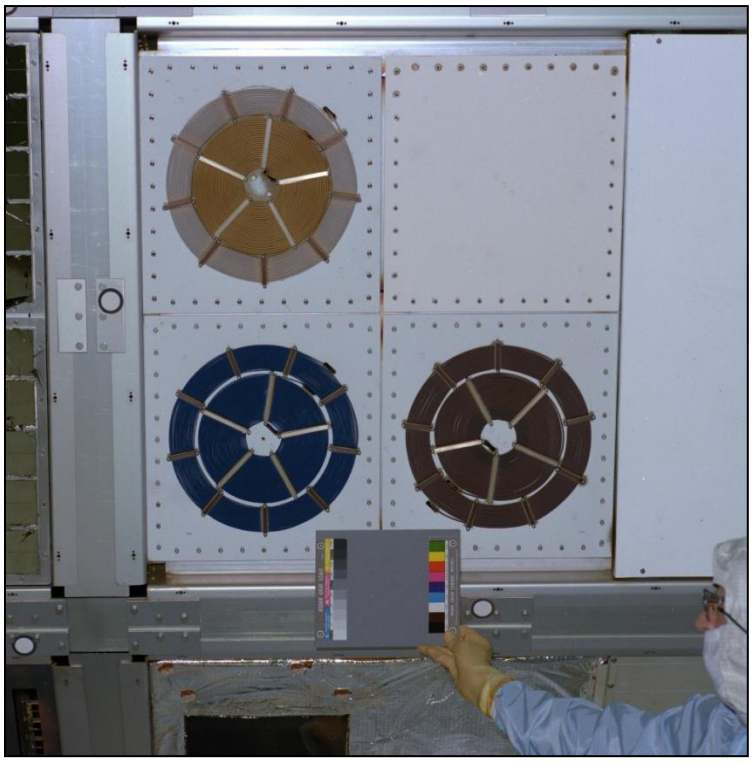
Experimento de los efectos del entorno espacial en sistemas de fibra óptica

Este experimento ocupaba una bandeja periférica de 1,5 cm de profundidad y constaba de una estructura de soporte interna de Aluminio, un sistema electrónico de datos y energía, tres placas de montaje de experimentos de Aluminio, dos placas de cubierta de Aluminio, cuatro enlaces de datos ópticos digitales operativos (longitudes de 48 m, 45 m y dos de 20 m) expuestos al entorno espacial, tres enlaces de fibra óptica cableados pasivos (cada uno de 10 m de largo) con componentes electrónicos y conectores finales, soportes de aluminio y no magnéticos sujetadores de acero inoxidable necesarios para montar el experimento, cuatro enlaces de fibra óptica cableados activos, cada uno configurado en forma de una bobina helicoidal plana, unidos a placas de montaje aisladas térmicamente con clips de Aluminio anodizado negro acolchados con espaciadores de caucho.

Las tres placas de montaje estaban recubiertas con una pintura de control térmico color hueso Catalac, la placa de cubierta grande estaba cubierta con pintura blanca Chemglaze II A-276 y la placa de cubierta más pequeña estaba cubierta con pintura blanca IITRI S13G-LO para cumplir con los requisitos de control térmico, los tres enlaces de fibra óptica cableados pasivos y todos los emisores, detectores y componentes electrónicos asociados estaban ubicados en el volumen interior de la bandeja.

Todas las fibras ópticas cableadas terminaban en conectores montados en soportes que se encontraban en la parte inferior de la bandeja o en la parte posterior de las placas de montaje aisladas térmicamente, el experimento pareció estar intacto sin daños estructurales aparentes.

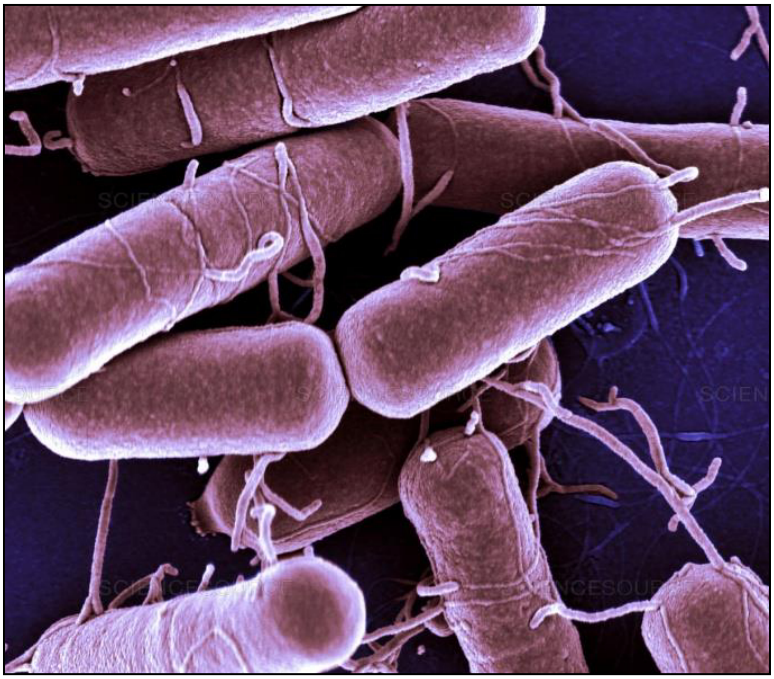
Los colores de las tres bobinas expuestas de cables de fibra óptica cambiaron significativamente, las dos bobinas de 20 m de enlaces de fibra óptica tuvieron cambios de color más extensos, también se encontraron detalles de la decoloración sobre el eslabón en espiral gris, la pintura blanca Chemglaze en la placa de cubierta mantuvo el color previo al lanzamiento, pero el la pintura blanca IITRI S13G-LO en la placa de cubierta pequeña cambió su color, también se podían observar cráteres de impacto.

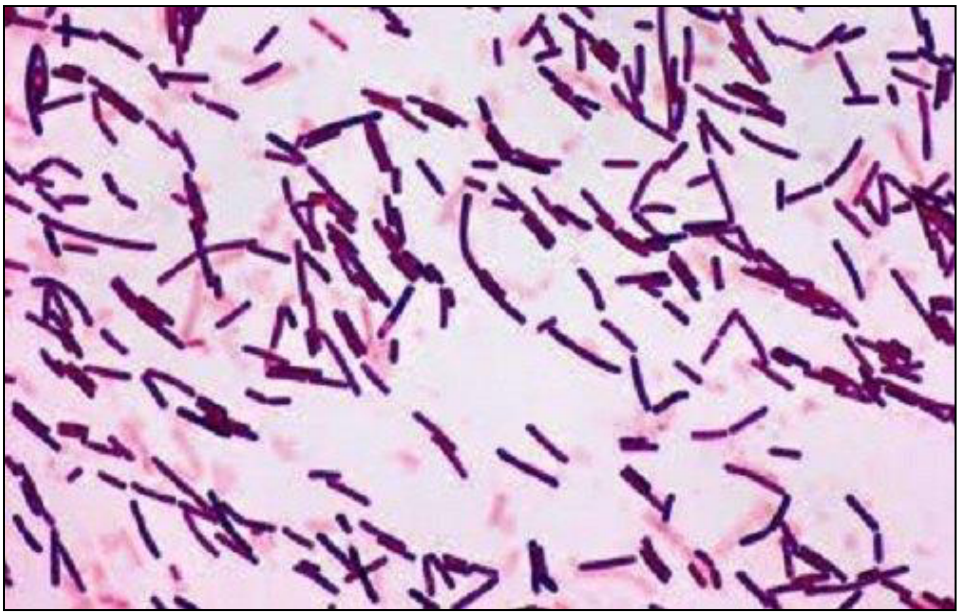


Experimento Exostack

En el experimento Exostack (de origen alemán) el 30 % de las esporas de Bacillus subtilis sobrevivieron a los 5 años de exposición al espacio exterior cuando estaban incrustadas en cristales de sal, mientras que el 80 % sobrevivió en presencia de glucosa, que estabilizaba la estructura de las macromoléculas celulares, especialmente durante el vacío.

Si se protegían de los rayos UV solares, las esporas de Bacillus subtilis podían sobrevivir en el espacio, sobre todo si estaban incrustadas en arcilla o polvo de meteorito (meteoritos artificiales) los datos pueden respaldar la probabilidad de transferencia interplanetaria de microorganismos dentro de los meteoritos, la llamada hipótesis de la litopanspermia.





Contaminación molecular

Las mediciones de espectroscopía electrónica para análisis químico del Silicio superficial en una variedad de materiales (que originalmente no contenían Silicio) mostraron Silicio presente en cantidades que iban desde el 0,1 % (límite inferior de detección) hasta más del 30 %, las cantidades presentes dependían en gran medida de la exposición y la ubicación, la interpretación de los resultados se complicaba por las condiciones locales, múltiples fuentes de silicona dentro de la misma bandeja, ventilaciones, desgasificación por muestras adyacentes y cambios en las condiciones de exposición a lo largo del tiempo (como materiales defectuosos que se movían y cubrían o protegían parcialmente superficies) los estudios de la superficie de las abrazaderas de las bandejas en el Instituto Politécnico de Virginia y la Universidad Estatal generalmente mostraron porcentajes más altos de Silicio en las abrazaderas del borde de ataque en relación con las abrazaderas del borde de salida, las fotos posteriores al vuelo de las superficies de las bandejas externas de las bandejas del borde delantero (algunas con las cubiertas de las bandejas reinstaladas para que la proximidad sea obvia) mostraban patrones de contaminación, que son solo del ancho del material de la junta, en los bordes y lados de la bandeja externa, en las esquinas de la bandeja estas superficies estaban en línea directa con el material de la junta, estos patrones aparecieron tanto en bandejas que se sabía que contenían fuentes de silicona como en bandejas que se sabía que no contenían fuentes de silicona, los patrones de decoloración muestran distintos efectos de orientación que se correlacionan con sus respectivas exposiciones ambientales.

Los resultados fueron principalmente de análisis posteriores al vuelo que se sometió a exposición a una variedad de condiciones, los efectos en órbita debían estar separados de los efectos terrestres, lanzamiento y reentrada, una nave espacial en órbita no experimentaría la turbulencia de la reentrada, con su potencial para redistribuir o eliminar partículas contaminantes, la reabsorción de humedad posterior al vuelo, la deposición de una capa de contaminación del suelo y/o cambios en las pinturas de control térmico debido a la reacción con Oxígeno molecular en el aire, estos procesos posteriores al vuelo son todos artefactos que pueden disfrazar procesos que ocurrieron en órbita y son importantes para el rendimiento del satélite, las exposiciones en tierra antes del lanzamiento también fueron importantes porque esos entornos podían afectar las operaciones en servicio de una nave espacial.

Las partículas contaminantes se identificaron a partir de las fuentes de exposición previa al vuelo, de las fuentes del STS, de la degradación del material en órbita y de las exposiciones posteriores al vuelo; excepto por la introducción de fuentes de dispersión de luz parásita en materiales ópticos, las partículas pequeñas no tuvieron ningún efecto sobre el rendimiento de los materiales; cuando ocurrieron fallas a gran escala de los materiales de las mantas, con la posterior distribución de pequeñas partículas, los efectos en las superficies cercanas fueron a menudo significativos, los materiales defectuosos de las mantas de dos bandejas distribuyeron pequeñas partículas de Aluminio sobre muchas superficies cercanas, siendo difícil cuantificar los efectos de estas ocurrencias al no conocerse el momento de la falla y la distribución de partículas que probablemente cambió con el tiempo.

La consideración de las películas de contaminantes moleculares debe dividirse en lo que sucede con el material a base de Carbono (orgánico) y lo que sucede con el material que contiene Silicio; los orgánicos expuestos al Oxígeno atómico se eliminaron con bastante rapidez, la exposición al Oxígeno atómico hizo que las superficies de silicona se oxiden a silicatos; los grupos funcionales basados en Carbono de las siliconas se oxidaron y eliminaron fácilmente mediante procesos de abstracción, dejando la porción de Si-O de la cadena del polímero; los átomos de Oxígeno subsiguientes se agregaron a las cadenas de Si-O, produciendo una superficie vítrea y no volátil, la silicona que quedaba atrapada debajo de la superficie se oscurecía con la exposición a los rayos UV.

Recuperación

Su recuperación estaba programada para el 19-03-1985, los horarios se retrasaron, posponiendo la misión de recuperación primero hasta 1986, luego indefinidamente debido al desastre del Challenger, después de 5,7 años, su órbita había decaído a unos 324 Km y era probable que se quemara en su reentrada atmosférica en poco más de un mes, finalmente se decidió recuperado por el transbordador Columbia en la misión STS-32, lanzado desde el Complex 39 de Cabo Kennedy el 12-02-1990, la misión estuvo a cargo de Daniel Brandenstein (comandante de la misión) James Wetherbee (piloto) Bonnie Dunbar (especialista de misión-1) Marsha Ivins (especialista de misión-2) David Low (especialista de misión-3).

El STS-Columbia se acercó a LDEF de tal manera que minimizara la posible contaminación de LDEF por los gases de escape del propulsor, mientras LDEF todavía estaba unido al brazo durante más de 4 hrs se fotografió cada bandeja de experimento individual, así como áreas más grandes. Sin embargo, algunas operaciones de los STS contaminaron los experimentos

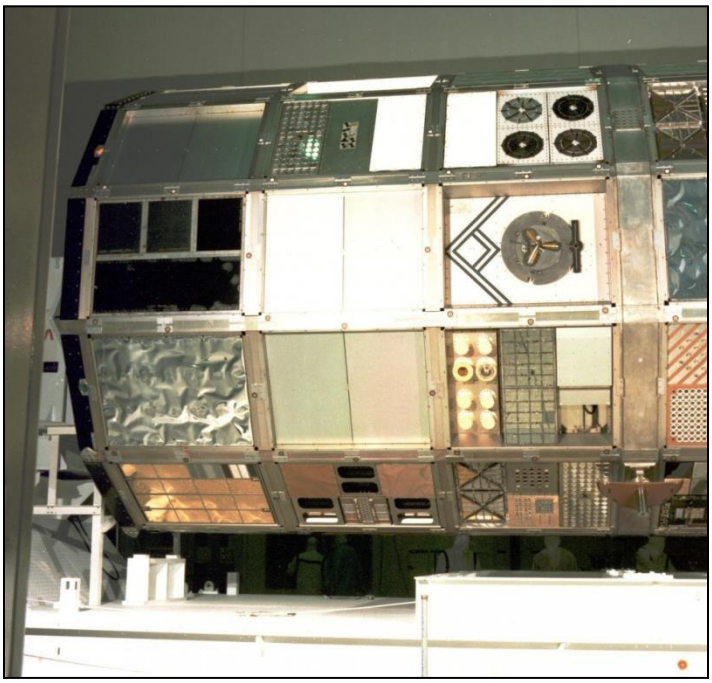
El transbordador aterrizó en la Base Edwards el 20-01-1990 con el LDEF en su bahía de carga, fue transportado por el Boeing 747 de regreso al Kennedy Space Center el 26-01 y se hicieron esfuerzos especiales para garantizar la protección contra la contaminación de la bahía de carga útil durante el vuelo del ferry.

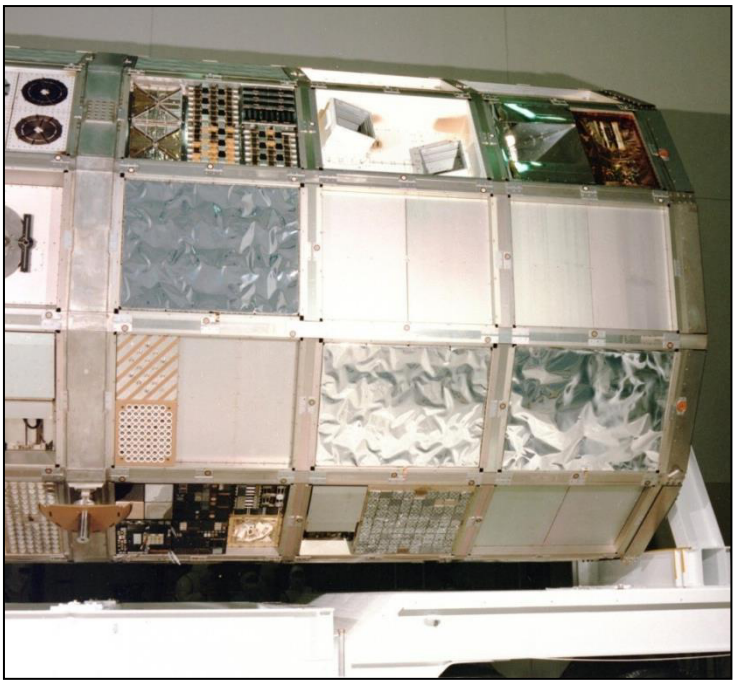
Investigación y desintegración

El 30-01, LDEF se retiró de la bahía de carga útil del STS-Columbia en la instalación de procesamiento de orbitadores del KSC, se colocó en un recipiente de carga útil especial y se lo transportó al edificio de operaciones, el 1-02, fue transportado en el Sistema de Ensamble y Transporte a la Instalación de Ensamble y Encapsulado de Naves Espaciales, donde el equipo del proyecto dirigió las actividades de desintegración.

Antes de la recuperación del LDEF, se comprendió que los experimentos de meteoritos dedicados no serían suficientes para lograr estos objetivos, y que sería necesario el escaneo sistemático de toda la nave espacial para obtener información complementaria o adicional a la esperada, la experiencia previa con el registro de impactos en superficies planetarias y los componentes recuperados de naves espaciales reveló la naturaleza algo subjetiva de los recuentos de cráteres simples, por lo que se decidió que un número limitado de personas con experiencia sería la más adecuada para realizar una inspección global de una manera sistemática e internamente consistente, este grupo, denominado Grupo de Investigación Especial de Meteoritos y Desechos Espaciales residió en el Centro Espacial Kennedy (KSC) durante toda la desintegración (febrero a abril de 1990).

El Equipo escaneó y fotodocumentó ópticamente todas las superficies expuestas para detectar características relacionadas con los impactos midiendo y fotografiando aproximadamente 4600 eventos de impacto individuales; cráteres de menos de 0,5 mm y penetraciones de alrededor de 0,3 mm de diámetro, así como otras características relacionadas y superficies identificadas y aseguradas de especial interés, la conservación a largo plazo de estos materiales y toda la documentación posteriormente se transfirió al Centro Espacial Johnson que es actualmente el responsable del acceso abierto y continuo a estos materiales por parte de investigadores calificados y de mantener una base de datos actualizada de los datos de impacto, una pequeña colección de subconjuntos del hardware fue enviada al Centro Espacial Johnson, con el propósito de investigar meteoritos y desechos y un subconjunto adicional fue almacenado con el propósito de muestras de materiales e investigación asociada, en el Marshall Space Flight Center.





Compartiendo la pasión por la astronáutica, el espacio y la aviación estamos en

Biblioteca Instituto Nacional de Derecho Aeronáutico y Espacial (INDAE), Fuerza Aérea Argentina

Cometaria https://cometasentrerios.blogspot.com

Argentina en el espacio http://argentinaenelespacio.blogspot.com/

Libros, Revistas, Intereses http://thedoctorwho1967.blogspot.com/

Turismo Sideral https://turismo-sideral.com.ar

Estación Vientos del Sur http://vientosdelsurestacion.blogspot.com/

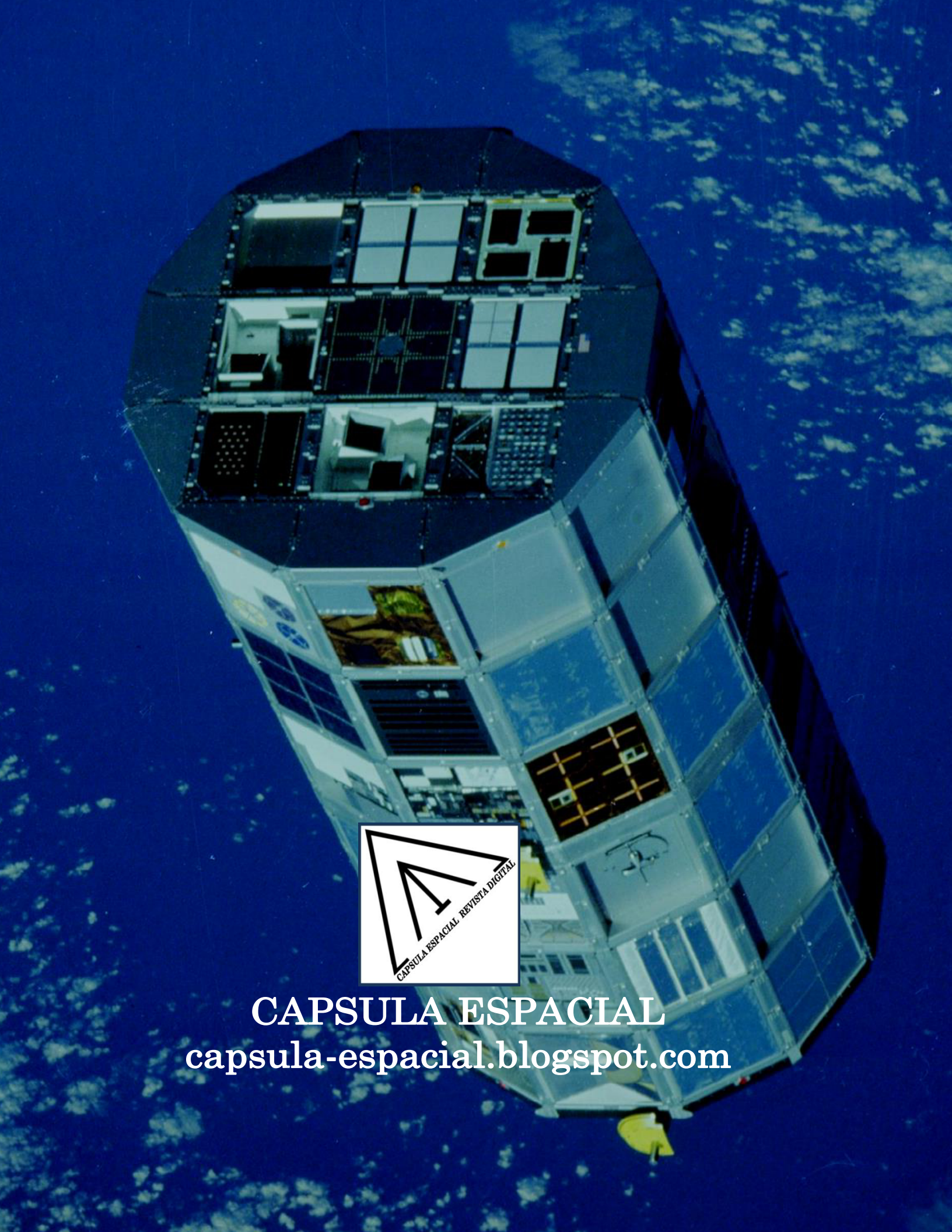
Sociedad Lunar Argentina https://sites.google.com/site/slasociedadlunarargentina/

Fuentes de información y fotos vertidas en el contenido de esta publicación

Defense Visual Information Distribution Services (DVIDS)

Infrared Multilayer Laboratory, University of Reading

National Aeronautics and Space Administration (NASA)



CAPSULA ESPACIAL REVISTA DIGITAL

CAPSULA ESPACIAL

capsula-espacial.blogspot.com